

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 196 05 855 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 J 37/244**  
 H 01 J 37/28  
 // H01L 21/66, G01R  
 31/305

21	Aktenzeichen:	196 05 855.4
22	Anmeldetag:	16. 2. 96
43	Offenlegungstag:	21. 8. 97

**DE 196 05 855 A 1**

**71) Anmelder:**  
ACT Advanced Circuit Testing Gesellschaft für  
Testsystementwicklung GmbH, 81929 München, DE

**74) Vertreter:**  
**Rechtsanw. und Pat.-Anw. Dr.-Ing. Dr.jur. Volkmar**  
**Tetzner, Pat.-Anw. Dipl.-Ing. Michael Tetzner, 81479**  
**München**

⑦2 Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

**56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:**

DE	42 36 273 A1
EP	05 92 899 A1
EP	05 48 573 A2
EP	03 33 018 A2
EP	02 74 622 A1
EP	02 59 907 A1

### ⑤4 Detektorobjektiv für Korpuskularstrahlgeräte

57 Die Erfindung betrifft ein Detektorobjektiv für Korpuskularstrahlgeräte mit einer ein magnetisches Feld erzeugenden Magnetlinse zur Fokussierung eines primären Korpuskularstrahls auf eine Probe, einem Detektor zum Nachweis der vom primären Korpuskularstrahl auf der Probe ausgelösten Sekundärkorpuskeln sowie einer elektrostatischen Linse zum Abbremsen der Korpuskeln des primären Korpuskularstrahls und zum Beschleunigen der Sekundärelektronen. Die Magnetlinse ist als Einzelpolllinse ausgebildet und zeichnet sich durch einen besonders kleinen Durchmesser des primären Korpuskularstrahls und eine effektive Absaugung der ausgelösten Sekundärkorpuskel aus.

**DE 196 05 855 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Detektorobjektiv für Korpuskularstrahlgeräte gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Detektorobjektive werden insbesondere bei der Entwicklung hochintegrierter mikro- und optoelektronischer Bauelemente eingesetzt, die eine prozessnahe Inspektion und Vermessung der erzeugten Strukturen ermöglichen. Infolge der ständig weiter fortschreitenden Miniaturisierung von integrierten Schaltungen werden deren interne Strukturen immer kleiner. So wird sich beispielsweise die Leiterbahnbreite der heute fortschrittlichsten Schaltungen von 0,35 µm in den nächsten Jahren auf 0,18 µm verringern.

Da die Schichtdicken der in Planartechnik aufgebauten Schaltungen nicht in gleicher Weise abnehmen können, wird das Höhe-Breite-Verhältnis der internen Strukturen um etwa eine Größenordnung steigen. Die "Oberfläche" der Schaltungen wird im zunehmendem Maße dreidimensional werden.

Zum Testen derartiger integrierter Schaltungen ist insbesondere ein primärer Korpuskularstrahl mit möglichst kleinem Strahldurchmesser und zum anderen eine effektive Absaugung der ausgelösten Sekundärkorpuskel erforderlich.

Ein in dieser Hinsicht besonders leistungsfähiges Detektorobjektiv wird in der EP-B-0 274 622 beschrieben. Hierbei wird ein den primären Korpuskularstrahl fokussierendes Magnetfeld von einem elektrischen Verzögerungsfeld überlagert. Dieses kombinierte System hat deutlich geringere Linsenfehler als eine rein magnetische Linse. Das magnetische Feld wird zwischen den Polschuhen in der Linse gehalten und hat damit nur eine fokussierende Wirkung auf den primären Korpuskularstrahl. Auf die Sekundärkorpuskel hat das Magnetfeld keine Wirkung, solange sie sich noch außerhalb der Objektivlinse in Probennähe befinden. Außerhalb der Objektivlinse ist das elektrische Feld schwach, reicht jedoch aus, um die Sekundärkorpuskel von der Probenoberfläche in Richtung Detektor zu beschleunigen.

Ein stärkeres elektrisches Feld zur Verbesserung der Absaugung der Sekundärelektronen würde bei isolierenden Probenoberflächen zu starken Aufladungen und insbesondere bei gekippten Oberflächen zu starken Verzerrungen führen.

Gemäß der EP-B-0 333 018 kann das elektrische Feld durch eine zusätzliche Elektrode gesteuert werden. Dadurch ist eine aufladungsneutrale Vermessung und Abbildung isolierender Proben möglich, ohne der jeweiligen Meßstelle Ladungen zuzuführen oder abzuziehen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, das Detektorobjektiv gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dahingehend weiterzuentwickeln, daß einerseits eine Verringerung des Durchmessers des primären Korpuskularstrahles und andererseits eine Verbesserung der Absaugung der ausgelösten Sekundärkorpuskel ermöglicht wird. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das kennzeichnende Merkmal des Anspruchs 1 gelöst, indem die Magnetlinse als Einzelpolinse ausgebildet ist.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Magnetlinse weist einen inneren Polschuh sowie einen verkürzten äußeren Polschuh auf. Dadurch breitet sich das Magnetfeld im wesentlichen außerhalb der Linse aus, so daß es deutlich näher an die Probe und sogar in der Probe angeordnet werden

kann. Die dadurch bedingte Verringerung der Brennweite steigert die Leistungsfähigkeit der Linse, indem sich insbesondere der Strahldurchmesser des primären Korpuskularstrahles verringert.

Die an der Probe ausgelösten Sekundärkorpuskel werden von der Probenoberfläche durch das dort vorhandene magnetische Feld in Spiralen entlang der Feldlinien zum Detektorobjektiv geführt. Je nach Abstand von Probe und Detektorobjektiv können die Feldlinien im Bereich der Probe unter Umständen fast senkrecht verlaufen, wodurch das Herausführen der Sekundärkorpuskel aus den zunehmend dreidimensional werdenden Probenoberflächen ermöglicht wird.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung näher erläutert.

Das in der Zeichnung schematisch dargestellte Detektorobjektiv bildet die Komponente eines Korpuskularstrahlgerätes, insbesondere eines Elektronenstrahlgerätes, mit der der von einer Quelle erzeugte primäre Korpuskularstrahl auf eine Probe 1 fokussiert wird.

Das Detektorobjektiv besteht im wesentlichen aus einer ein magnetisches Feld erzeugenden Magnetlinse 2 zur Fokussierung eines primären Korpuskularstrahles 3 auf die Probe 1, sowie einem Detektor 4 zum Nachweis der vom primären Korpuskularstrahl auf der Probe 1 ausgelösten Sekundärkorpuskeln. Ferner ist eine elektrostatische Linse 5 zum Abbremsen der Korpuskeln des primären Korpuskularstrahles 3 und zum Beschleunigen der Sekundärelektronen vorgesehen. Sie besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einer kegelförmigen ersten Elektrode 5a und einer zweiten Elektrode 5b.

Als Magnetlinse 2 ist eine konisch ausgebildete Einzellinse vorgesehen, die einen inneren Polschuh 2a und einen verkürzten äußeren Polschuh 2b aufweist. Zur Gewährleistung möglichst geringer Brennweiten und damit kleiner Farbfehlerkonstanten des Detektorobjektivs wird der von einer Erregerspule 2c der Magnetlinse 2 erzeugte magnetische Fluß mit Hilfe des inneren und äußeren Polschuhs 2a, 2b auf einen kleinen Raumbereich um eine Symmetrieachse 6 des Systems konzentriert.

Die erste Elektrode 5a der elektrostatischen Linse 5 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel vorzugsweise in Form eines sich in Richtung der Probe 3 verjüngenden Kegelförmigen ausgebildet, die in der konischen Bohrung des inneren Polschuhs 2a der Magnetlinse 2 konzentrisch zu deren Symmetrieachse 6 isoliert angeordnet ist.

Die zweite Elektrode 5b wird zwischen der ersten Elektrode 5a und der Probe 1 vorgesehen und ist im dargestellten Ausführungsbeispiel am unteren Ende des inneren Polschuhs 2a angeordnet. Die zweite Elektrode 5b ist hier auch kegelförmig ausgebildet, wobei sie sich in Richtung auf die Probe 1 verjüngt. Die zweite Elektrode 5b wird vorzugsweise mit einer (in der Zeichnung nicht dargestellten) variablen Spannungsquelle verbunden, um die Intensität des Stromes, der von der Probe 1 ausgeht und in Richtung des Detektors 4 beschleunigten Sekundärkorpuskel zu steuern. Bei entsprechender Einstellung der Spannung an der zweiten Elektrode ist das elektrische Absaugfeld an der Probenoberfläche relativ flach. Es beschleunigt aber mit zunehmendem Abstand von der Probenoberfläche die Sekundärkorpuskel auf die Endenergie in Richtung auf den Detektor 4. Die erste Elektrode 5a wird ebenfalls über eine nicht näher dargestellte Spannungsquelle beaufschlagt.

Je nach Abstand zwischen Detektorobjektiv und Probe 1 sind die Feldlinien der Magnetlinse 2 im Bereich der Probe im wesentlichen parallel zur Symmetrieachse 6. Auf diese Weise werden die Sekundärelektronen von der Probenoberfläche entlang der Feldlinien bis zur zweiten Elektrode 2b beschleunigt und gelangen von dort weiter bis zum Detektor 4. Die Ausbeute der Sekundärelektronen wird durch die Kombination der magnetischen Einzelpollinse 2 und der elektrostatischen Linse 5 erheblich verbessert.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist im Bereich zwischen den beiden Polschuhen 2a, 2b ein Abschlußdeckel 7 vorgesehen, der aus unmagnetischem Material hergestellt ist und den Raum zwischen den Polschuhen vakuumdicht verschließt.

Das erfindungsgemäße Detektorobjektiv ist insbesondere für niederenergetische Koruskel ausgelegt, die Endenergien von < 10 keV und insbesondere < 5 keV besitzen. Bei Energien > 5 keV reicht die magnetische Feldstärke nicht aus, um die Primärkoruskel in ausreichendem Maße zu fokussieren. In derartigen Anwendungsfällen kann jedoch die elektrostatische Linse 5 unterstützend eingreifen, so daß dadurch der Arbeitsbereich des beschriebenen Detektorobjektivs auch zu höheren Energien erweitert wird. Der bevorzugte Anwendungsbereich des erfindungsgemäßen Detektorobjektivs liegt jedoch bei Endenergien der Koruskel des primären Koruskularstrahls von < 5 keV.

Das für die Absaugung der Sekundärkoruskel so geeignete Magnetfeld durchdringt zwangsläufig die Probe 1 und Teile eines Positioniertisches. Dabei könnten magnetische Proben oder Tischteile das fokussierende Magnetfeld negativ beeinflussen.

Als Hauptanwendungsgebiet für das erfindungsgemäße Detektorobjektiv kommen daher insbesondere nichtmagnetische Proben aus der Halbleiterindustrie in Frage, die zudem mit niederenergetischen Koruskeln untersucht werden können. Bei der Ausgestaltung des Positioniertisches sind zudem magnetische Teile zu vermeiden.

Das Detektorobjektiv ist nicht auf eine konische bzw. kegelstumpfförmige Ausbildung von Magnetlinse 2 und elektrostatischer Linse 5 beschränkt. Im Rahmen der Erfindung sind insbesondere auch zylindrische Ausbildungen denkbar. Ferner kann die elektrostatische Linse lediglich eine Elektrode aufweisen, wobei die Gegenelektrode dann beispielsweise durch die Probe selbst gebildet werden könnte.

Während der Detektor 4 im dargestellten Ausführungsbeispiel — in Richtung des primären Koruskularstrahls gesehen — vor der Magnetlinse angeordnet ist, könnte dessen Anordnung auch innerhalb der Magnetlinse vorgesehen werden.

zeichnet, daß die Magnetlinse (1) als Einzelpollinse ausgebildet ist.

2. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse (5) wenigstens eine Elektrode (5a) innerhalb der Magnetlinse (2) aufweist.

3. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse (5) wenigstens zwei auf unterschiedlichem Potential liegende Elektroden (5a, 5b) aufweist.

4. Detektorobjektiv nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Elektrode (5b) zur Steuerung der Intensität des Stromes der vom primären Koruskularstrahl ausgelöst und in Richtung des Detektors (4) beschleunigten Sekundärkoruskeln ausgebildet ist.

5. Detektorobjektiv nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Elektrode (5a, 5b) kegelstumpfförmig ausgebildet ist.

6. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (4) — in Richtung des primären Koruskularstrahls (3) gesehen — vor dem Raum zwischen Probe (1) und Magnetlinse (2) angeordnet ist.

7. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (4) — in Richtung des primären Koruskularstrahls (3) gesehen — vor der Magnetlinse (2) angeordnet ist.

8. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse (5) mit einem derartigen Potential beaufschlagbar ist, daß die Koruskeln des primären Koruskularstrahls (3) auf eine Endenergie < 10 keV, insbesondere < 5 keV abgebremst werden.

9. Detektorobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetlinse (2) konisch ausgebildet ist und einen inneren sowie einen verkürzten äußeren Polschuh (2a, 2b) aufweist.

10. Detektorobjektiv nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse (5) eine kegelstumpfförmige erste Elektrode (5a) sowie eine im Bereich des inneren Polschuhs (2a) angeordnete zweite Elektrode (5b) aufweist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Detektorobjektiv für Koruskularstrahlgeräte mit

- a) einer ein magnetisches Feld erzeugenden Magnetlinse (2) zur Fokussierung eines primären Koruskularstrahls (3) auf eine Probe (1),
- b) einem Detektor (4) zum Nachweis der vom primären Koruskularstrahl (3) auf der Probe ausgelösten Sekundärkoruskeln,
- c) sowie einer, elektrostatischen Linse (5) zum Abbremsen der Koruskeln des primären Koruskularstrahls (3) und zum Beschleunigen der Sekundärelektronen, dadurch gekenn-

